

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
PREHRAMBENO – TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK

PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENE TEHNOLOGIJE

Ivana Markoljević

Proizvodnja kvašćeve biomase

završni rad

Osijek, 2015.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U  
OSIJEKU  
PREHRAMBENO-TEHNOLOŠKI FAKULTET OSIJEK**

**PREDDIPLOMSKI STUDIJ PREHRAMBENA TEHNOLOGIJA**

Nastavni predmet  
Opća mikrobiologija

**Proizvodnja kvašćeve biomase**  
Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Lidija Lenart

---

Studentica: Ivana Markoljević

MB: 3067/08

Mentor: doc. dr. sc. Lidija Lenart

Predano (datum):

Pregledano (datum):

---

**Ocjena:**

---

**Potpis mentora:**

---

## **Proizvodnja kvašćeve biomase**

### **Sažetak:**

Kvasci su mikroorganizmi koji imaju široku primjenu u industriji. Koriste se od davnina u tradicionalnoj proizvodnji vina, piva i pekarskih proizvoda. Osim u biotehnologiji, koriste se i u prehrambenoj industriji kao dodatak prehrambenim proizvodima, najčešće kao pekarski kvasac ili osušena biomasa. Pod pojmom pekarski kvasac podrazumijeva se aktivna kvašćeva biomasa koja se koristi za dizanje tijesta u pekarstvu. Pekarski kvasac se proizvodi na melasi šećerne repe i šećerne trske ili na smjesi te dvije melase. Kvasac se uzgaja u bioreaktorima s regulacijom svih parametara uzgoja. Poslije uzgoja kvasac se izdvaja separacijom, pri čemu se dobije kvašćeva suspenzija tzv. tekući kvasac. Na vakuum filterima se iz kvašćeve suspenzije izdvoji dio vode, a proizvod koji se skida s filtra je kvašćev kolač. Ta biomasa se preša, oblikuje i pakira, i to je drugi oblik kvasca tzv. svježi prešani kvasac koji se hladi u hladnjačama, nakon čega se odvozi na tržište. Usitnjavanjem kvašćevog kolača i sušenjem u struji kondicioniranog zraka proizvodi se suhi aktivni kvasac. Pakira se najčešće pod vakuumom i ne zahtijeva hlađenje tijekom skladištenja i transporta, što je treći oblik pekarskog kvasca.

**Ključne riječi:** kvasci, biomasa, uzgoj

## **Production of yeasts biomass**

### **Summary:**

Yeasts are microorganisms that are widely used in industry. Since ancient times they are applying in traditional production of wine, beer and bakery products. In addition to biotechnology, former are used in the food industry as a food supplement, usually as baker's yeast or dried biomass. The term yeast involves the active yeast biomass used for leavening in baking. Baker's yeast is produced in sugar beet molasses and cane sugar or the mixture of the two molasses. Yeast grown in bioreactors with regulation of all parameters of cultivation. After the cultivation, the yeast is extracted by separation, whereby the so-called yeast suspension (liquid yeast). Vacuum filters allocate part of the water form yeast suspension and the product removed from the filter is called yeast cake. This biomass is pressed, formed and packed, and it represents another form of yeast called fresh pressed yeast which is cooled in the coolers, after which is transported to the market. Fragmentation of yeast cakes and drying in a stream of conditioned air produces the active dry yeast. The former is usually packaged under vacuum and does not require refrigeration during storage and transport, which is a third form of baker's yeast.

**Keywords:** yeast, biomass, cultivation

**SADRŽAJ**

<b>1. UVOD</b>	<b>5</b>
<b>2. TEORIJSKI DIO</b>	<b>7</b>
2.1. Kvasci roda <i>Saccharomyces</i>	7
2.2. Vrste i sojevi kvasaca u proizvodnji	7
<b>2.3. Proces proizvodnje pekarskog kvasca</b>	<b>8</b>
2.3.1. Principi aerobnog uzgoja kvašćeve biomase	10
2.3.1.1. Brzina rasta	10
2.3.2. Hranjivi supstrat	10
2.3.2.1. Izvori ugljika	11
2.3.2.2. Izvori dušika i fosfora	11
2.3.2.3. Ostali elementi (minerali)	12
2.3.2.4. Tvari rasta	12
2.3.2.5. Alternativni izvori ugljika i energije	13
2.3.3. Uvjeti okoline	13
2.3.3.1. Temperatura	13
2.3.3.2. Koncentracija $H^+$ (pH)	14
2.3.3.3. Koncentracija kvašćevih stanica	14
2.3.3.4. Prinos kvasca po utrošenom supstratu	14
2.3.3.5. Toplina – odvođenje topline	15
<b>2.4. PROIZVODNJA KVASCA U POGONU</b>	<b>15</b>
2.4.1. Priprema hranjive podloge	15
2.4.2. Proizvodnja kvašćeve biomase po fazama	19
2.4.2.1. Proizvodnja pogonskog inokuluma	19
2.4.2.2. Proizvodnja matičnog kvasca	19
2.4.2.3. Proizvodnja prodajnog kvasca	20
2.4.2.4. Kontinuirani uzgoj	22
2.4.3. Izdvajanje i filtracija kvašćeve biomase	23
2.4.4. Miješanje, oblikovanje i pakiranje svježeg kvasca	24
2.4.5. Transport kvasca	24
2.4.6. Trajnost svježeg kvasca	25
<b>3. ZAKLJUČAK</b>	<b>26</b>
<b>4. LITERATURA</b>	<b>27</b>

## 1. UVOD

Mikrobne biomase su važan biotehnološki proizvod. Dobiva ih se kao proizvod ili kao nusproizvod iz mikrobnih kultura odgovarajućim postupkom izdvajanja (taloženje, centrifugiranje, filtriranje) neovisno je li mikrobni proces vođen samo radi umnožavanja odabranog mikroorganizma (npr. pekarski kvasac) ili radi dobivanja nekog metabolita (npr. etanol). Razlika je samo u tome što se mikrobnu biomasu u prvome slučaju smatra proizvodom, a u drugome nusproizvodom. Pekarski je kvasac klasičan primjer mikrobne biomase što se odavno primjenjuje u proizvodnji kruha, kao svježi, a zatim i kao suhi aktivni ili suhi aktivni instant biotehnološki proizvod. Relativno dugu uporabnu tradiciju imaju krmni i prehrambeni kvasci što ih se dobiva kao nusproizvode pri industrijskoj proizvodnji etanola, odnosno piva. Bakterijske biomase i biomase alga za jednaku namjenu u uporabi su posljednjih tridesetak godina. Druge fiziološki aktivne biomase, tzv. mikrobne starter –kulture za različite namjene (fermentirane namirnice, probiotici, biološka gnojiva, biološki insekticidi, biološka obrada otpadne vode, itd.) novijeg su datuma i vrlo su perspektivno područje razvoja biotehnologije (Marić, 2000.).

Pod pojmom pekarski kvasac podrazumijeva se aktivna kvašćeva biomasa koja se koristi za dizanje tijesta u pekarstvu. Kvasac u tijestu alkoholnom fermentacijom šećera iz brašna proizvodi alkohol i ugljični dioksid koji diže tijesto.

Prvi zapisi o proizvodnji kruha datiraju još iz Egipta prije 5.000 godina, a u Bibliji se spominje dizanje tijesta pomoću «sredstva za dizanje», što je vjerojatno bila smjesa kvasaca i bakterija iz roda *Lactobacillus*. U tom procesu je nakon svakog dizanja ostavljen dio kiselog tijesta za slijedeće dizanje. Proizvodnja pekarskog kvasca je novijeg doba. Ranije se za pekarske svrhe koristio suvišni kvasac iz proizvodnje piva i vina. Početkom proizvodnje pekarskog kvasca smatra se tzv. Dutch-proces 1780. godine kada su nizozemski proizvođači alkohola izdvojeni kvasac počeli koristiti za pekarstvo. Taj se proces nedugo zatim prenio u Njemačku, a 1825. proizvođač Tebbenhof je prvi put proizveo kvašćev kolač (prešani kvasac) pomoću filter preše. U Danskoj 1883. Hansen uvodi čistu kulturu kvasca za industrijske potrebe. Međutim, industrijska proizvodnja pekarskog kvasca počinje krajem 19. stoljeća. Naime, 1880. u Austriji u tzv. «Bečkom procesu» i 1886. u Velikoj Britaniji započinje aerobni uzgoj kvašćeve biomase, na način da se kroz kominu propuhivao zrak. Početkom 20. stoljeća uvodi se gotovo istovremeno u

Danskoj i Njemačkoj šaržni postupak s pritokom supstrata, koji se u svom osnovnom obliku primjenjuje i danas. Tim se postupkom poboljšava aerobnost procesa i iskorištenje supstrata.

Tijekom I. svjetskog rata, zbog nedostatka žitarica, uvodi se melasa kao osnovni supstrat u proizvodnju pekarskog kvasca. Od tada počinje intenzivan znanstveni napredak u proizvodnji pekarskog kvasca. Napredak se očitovao vrlo brzo u većem iskorištenju supstrata i produktivnosti procesa, te u poboljšanju aktivnosti i stabilnosti (trajnosti) kvašćeve biomase (Grba, 2000.).

Potreba za stabilnijim kvascem rezultirala je proizvodnjom suhog aktivnog kvasca, a komercijalna proizvodnja počinje početkom II. svjetskog rata u Australiji i Europi. Sedamdesetih godina 20. stoljeća nizozemski istraživači uvode proizvodnju instant suhog aktivnog kvasca, koji se ne mora rehidratirati prije upotrebe (Grba, 2010.).

## 2. TEORIJSKI DIO

### 2.1. Kvasci roda *Saccharomyces*

Kvasci iz roda *Saccharomyces* su vjerojatno najstariji komercijalno upotrebljavani mikroorganizmi i vrlo se često upotrebljavaju u proizvodnji hrane i pića. Najpoznatiji kvasac iz roda *Saccharomyces* je vrsta *Saccharomyces cerevisiae* čiji sojevi se danas upotrebljavaju u proizvodnji vina, piva, kruha i jakih alkoholnih pića. Njegovo svojstvo visoke fermentacijske aktivnosti i dobro podnošenje različitih ekstremnih uvjeta okoline, prisutnih u industrijskim pogonima, dovelo je do selekcije nekoliko stotina sojeva ovog kvasca s poznatim karakteristikama. U zadnjih nekoliko decenija *S. cerevisiae* se koristi i za proizvodnju lijekova (inzulin i dr). Porijeklo kvasaca u fermentacijskim procesima još uvijek je nepoznato pa postoje brojne teorije. Neki istraživači su mišljenja da se ti mikroorganizmi nalaze na površini voća ili žitarica te u vrijeme fermentacijskih procesa prelazi u hranjivu podlogu, dok neki tvrde da je *S. cerevisiae* „udomljena“ vrsta koja je prisutna samo tamo gdje je zabilježeno djelovanje čovjeka. Prema najnovijim spoznajama točne su obje pretpostavke.

### 2.2. Vrste i sojevi kvasaca u proizvodnji

Za proizvodnju standardnih oblika pekarskog kvasca koriste se uglavnom različiti sojevi kvasca *Saccharomyces cerevisiae*. Dobro poznatim genetičkim metodama (selekcija, hibridizacija i dr.) dobiveni su sojevi kvasca *S. cerevisiae* posebnih karakteristika, koji zadovoljavaju zahtjeve suvremenog pekarstva (Kowalski i sur., 1981; Higgins i sur., 2001).

Ipak, u proizvodnji prevladavaju dva osnovna tipa kvasca *S. cerevisiae*. Jedni sojevi imaju nešto nižu inicijalnu aktivnost, ali veću stabilnost tijekom skladištenja, dok drugi imaju višu inicijalnu aktivnost, ali nižu stabilnost (trajnost). Uglavnom su višeg ploiditeta (triploidi do tetraploidi) što im omogućava da posjeduju željena fiziološka svojstva. Ipak, sojevi visokog ploiditeta su prilično nestabilni, pa se najčešće koriste



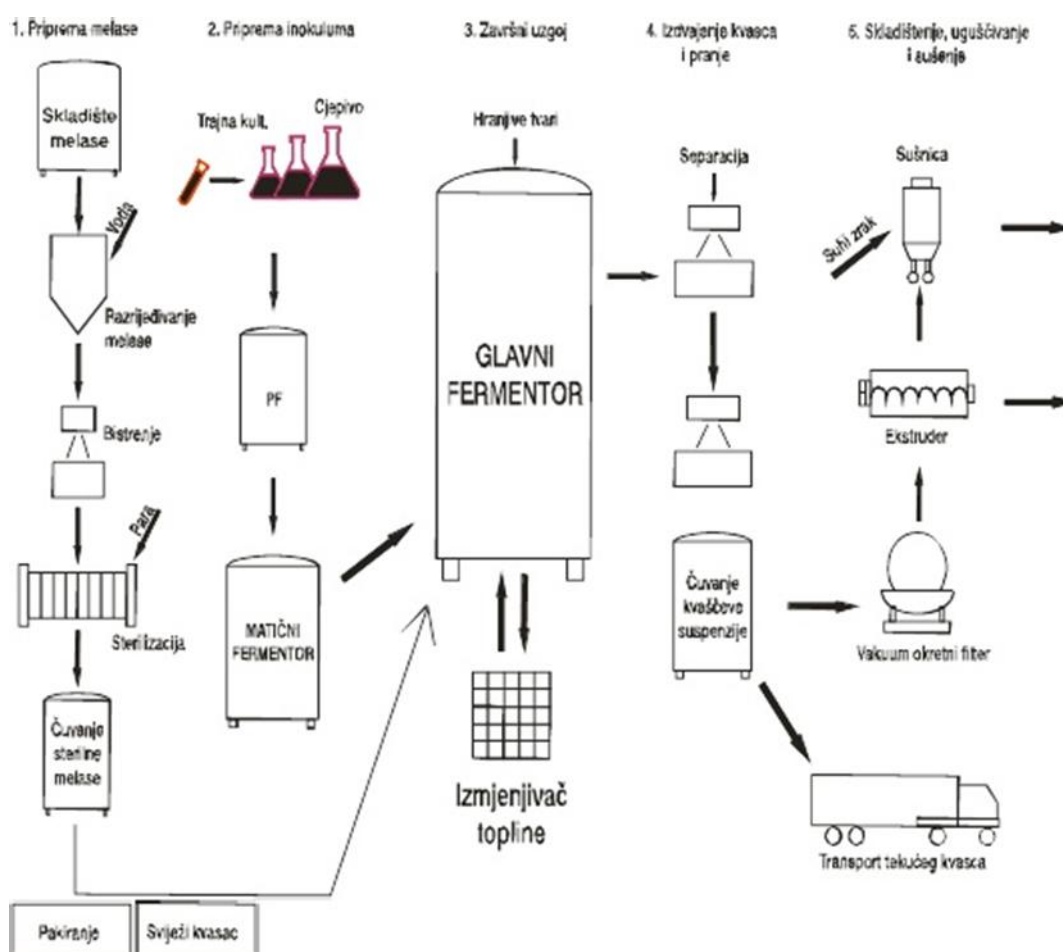
triploidi (Hadfield i sur.,1995). Posebno se ističu sojevi za proizvodnju instant suhog aktivnog kvasca koji posjeduju visoku aktivnost, ali i stabilnost tijekom sušenja (Langejan,1980). S druge strane, postoje tzv. kvasci za specijalne pekarske namjene, kao što su osmotolerantni sojevi za fermentaciju slatkih tijesta, kvasci stabilni tijekom zamrzavanja i skladištenja tijesta pri niskim temperaturama, što se danas sve više primjenjuje u pekarstvu. Osim osnovnog kvasca *S. cerevisiae*, u nekim razvijenim zemljama za proizvodnju pekarskog kvasca koriste se i druge vrste kvasaca. Tako se u Japanu koristi *Torulospora delbrueckii* (sinonim *Saccharomyces rosei*) za fermentaciju slatkih tijesta i za zamrzavanje (Sasaki i Ohshima, 1987; Hernandez-Lopez i sur. ,2007). Osim toga, hibrid kvasaca *T. delbrueckii* i *S. cerevisiae* također se koristi kao osmotolerantni kvasac (Lucca i sur.,2004). Pivski kvasac *Saccharomyces uvarum* koristi se u Italiji za proizvodnju pekarskog kvasca, koji talijanski pekari često koriste u proizvodnji peciva. Sojevi pekarskog kvasca mogu se nabaviti u privatnim i javnim kolekcijama koje navode Kirsop i Kurtzman (1988.). Međutim, proizvodni sojevi mogu se izolirati i iz komercijalnih pekarskih kvasaca, jer su u njima, naravno žive stanice. Postoje isto tako i patentni koji zaštićuju specijalne sojeve. Zadržavanje patentnog prava ovisi o sposobnosti utvrđivanja specifičnosti pojedinih sojeva, što je u praksi veoma teško.

### **2.3. Proces proizvodnje pekarskog kvasca**

Proces proizvodnje pekarskog kvasca opisali su detaljno White (1954), Burrovs (1970) i Reed i Nagodawithana (1991). Pekarski kvasac se proizvodi na melasi šećerne repe i šećerne trske ili na smjesi te dvije melase (70-80 % melase šećerne repe i 20 -30 % melase šećerne trske). Melase su kompleksne sirovine i sadrže, osim izvora ugljika i energije, izvjesnu količinu organskog dušika, sumpora te ostalih minerala i elemenata u tragovima i vitamina. Međutim, za optimalan rast kvašćevih stanica hranjivom supstratu (melasi) se dodaje otopina soli koja sadrži dušik u obliku amonijevih soli i fosfor u obliku fosfatnih soli. Također se dodaju mikro i makroelementi (minerali) od kojih su dominantni Mg, Zn, Cu i Fe, a od vitamina se obavezno dodaje biotin. Osim melase u novije vrijeme sve više se koristi kukuruzni hidrolizat kao osnovna sirovina za proizvodnju pekarskog kvasca. Hidrolizatu se kao i

melasi dodaju otopine soli i vitamini kako bi se pospješio rast kvašćevih stanica. Kvasac se uzgaja u bioreaktorima s regulacijom svih parametara uzgoja. Najčešći brofaza uzgoja (generacija) u pogonu je 4-5. Poslije uzgoja kvasac se izdvaja separacijom, nakon čega se dobije kvašćeva suspenzija sa 18- 20 % suhe tvari, što je prvi proizvod (tekući kvasac). Nakon toga, na vakuum filterima se iz kvašćeve suspenzije izdvoji dio vode, a proizvod koji se skida s filtra je kvašćev kolač s oko 30 % suhe tvari. Ta biomasa se preša, oblikuje i pakira, i to je drugi oblik kvasca tzv. svježi prešani kvasac koji se hladi u hladnjačama, nakon čega se odvozi na tržište. Usitnjavanjem kvašćevog kolača i sušenjem u struji kondicioniranog zraka proizvodi se suhi aktivni kvasac koji sadrži 92-96 % suhe tvari. Pakira se najčešće pod vakuumom i ne zahtijeva hlađenje tijekom skladištenja i transporta, što je treći oblik pekarskog kvasca (Grba 2010.).

Faze proizvodnje prikazane su u blok shemi (**Slika 1**)



**Slika 1** Osnovna shema proizvodnje različitih oblika (vrsta) pekarskog kvasca na melasi ( Grba, 2010.)

### 2.3.1. Principi aerobnog uzgoja kvaščeve biomase

#### 2.3.1.1. Brzina rasta

U melasnoj podlozi koja sadrži sve nužne sastojke za rast kvaščevih stanica, i kada je gustoća stanica niska, može se postići maksimalna specifična brzina rasta od  $0,6 \text{ h}^{-1}$ . Međutim, u proizvodnji pekarskog kvasca specifična brzina rasta se kreće u području  $0,1 - 0,3 \text{ h}^{-1}$ , jer je zbog ekonomičnosti procesa poželjna visoka koncentracija kvaščevih stanica u komini (kulturi) na kraju procesa, te optimalno iskorištenje supstrata.

Brzina rasta, pri kojoj se postiže optimalan prinos i dobra svojstva kvaščeve biomase za pekarske svrhe, određuje se eksperimentalno programiranjem pritoka supstrata (melase i otopine soli) u zadanim aerobnim uvjetima. Tako je na početku uzgoja, u generacijama «Velika matica» i «Prodajni kvasac», u eksponencijalnoj fazi rasta najveća brzina rasta. Zatim slijedi, u tim generacijama, linearna faza rasta gdje se specifična brzina rasta postupno smanjuje zbog limitacije s kisikom. Prema literaturnim podacima specifična brzina rasta ne bi trebala biti veća od  $0,2 - 0,28 \text{ h}^{-1}$  ako se želi optimizirati iskorištenje supstrata.

#### 2.3.2. Hranjivi supstrat

Osnovna sirovina za proizvodnju pekarskog kvasca je melasa. Dominantna je melasa šećerne repe, ali se koristi i melasa šećerne trske. Također se koristi i njihova smjesa. Ako se koristi smjesa onda se dodaje do 25 % tršćane melase melasi šećerne repe, radi biotina kojeg ima znatno više u tršćanoj melasi. Potrebe različitih sojeva kvasca *S. cerevisiae* za komercijalnu proizvodnju pekarskog kvasca intenzivno su istražene. Problemi su se odnosili uglavnom na povećanje prinosa i produktivnosti procesa. Međutim, dostupno je mnogo manje informacija koje govore o utjecaju hranjivih sastojaka na kvalitetu gotovog proizvoda. Osim melase za proizvodnju pekarskog kvasca koristi se i kukuruzni hidrolizat, a iznimno sirutka. Međutim, melasa je još uvijek dominantan osnovni supstrat u proizvodnji pekarskog kvasca u cijelom svijetu, pa će se u ovom poglavlju raspravljati uglavnom o utjecaju melase, kao osnovnog supstrata, na proces proizvodnje kvaščeve biomase, kao i o dodacima za optimizaciju hranjivog supstrata. Melasi šećerne repe često se dodaje

20 - 25 % melase šećerne trske zbog biotina, jer ima znatno veću količinu tog vitamina od melase šećerne repe, pa se tada ne treba dodavati čisti vitamin. I pored toga, melasa u svim oblicima nije potpun hranjivi supstrat za proizvodnju kvašćeve biomase, pa joj je potrebno prije svega dodati izvore P i N, neke faktore rasta (vitamini B grupe) i neke makro i mikroelemente.

#### **2.3.2.1. Izvori ugljika**

Osnovni šećer u melasi je saharoza, koju kvasac *S. cerevisiae* vrlo brzo metabolizira. Ovaj kvasac koristi i druge šećere: glukozu, fruktozu, manozu i maltotriozu. Osim šećera, kvasac *S. cerevisiae* u aerobnim uvjetima metabolizira mliječnu, octenu, jantarnu i vinsku kiselinu te etanol. Kvasac *S. cerevisiae* ima visoku aktivnost enzima invertaze koja vrlo brzo hidrolizira saharozu na glukozu i fruktozu. S druge strane, maltazna aktivnost može biti promijenjiva u kvascu *S. cerevisiae*. Današnji sojevi kvasca *S. cerevisiae* visoke fermentativne aktivnosti imaju i visoku konstitutivnu maltaznu aktivnost, te je i razgradnja maltoze znatno brža. Iz kemijskog sastava pojedinih komponenata kvašćevih stanica Harrison (1967.) je izradio empirijsku jednadžbu iz koje proizlazi da se iz 200 g saharoze proizvede 100 g suhe tvari kvasca. S druge strane, iz jednadžbe proizlazi da za 100 g suhe tvari kvasca treba 102,5 g kisika, te da se za taj prirast oslobodi 1600 kJ. Te vrijednosti se vrlo dobro podudaraju s praktičnim podacima iz proizvodnje pekarskog kvasca na melasi, uz dodatak dušičnih soli.

#### **2.3.2.2. Izvori dušika i fosfora**

Kvasci brže troše dušik iz amonijevih soli nego iz pojedinačnih aminokiselina ili iz jednostavne smjese aminokiselina. Aminokiseline kvasac *S. cerevisiae* troši samo u odsutnosti amonijevih soli. Međutim, dobro izbalansirana smjesa aminokiselina ima prednost pred amonijevim ionima. To vrijedi i za proizvodnju pekarskog kvasca ako se kao osnovni supstrat koristi melasa koja sadrži malu količinu od nekoliko aminokiselina. Dakle, u osnovni supstrat je neophodno dodati amonijeve soli. Od amonijevih soli najčešće se u praksi koriste amonij-hidrogenfosfat koji ujedno služi i kao izvor fosfora, te amonij-sulfat. Kao izvor dušika može se koristiti i urea, ali se rijetko upotrebljava jer je kvasci sporije troše. Potrebna količina soli izračuna se iz količine kvasca i kemijskog sastava kvašćevih stanica, te količine dušika koji kvasci mogu asimilirati iz melase. Melase sadrže minimalne količine fosfora pa se sav fosfor

dodaje sa solima ili sa fosfatnom kiselinom. Kao izvor dušika često se koristi amonijalna voda koja ujedno služi za korekciju pH vrijednosti.

### **2.3.2.3. Ostali elementi (minerali)**

Kvasci za brzi rast trebaju različite makro i mikroelemente. Ovdje je potrebno naglasiti da su potrebe računate za rast kvasca *S. cerevisiae* na glukoznom sintetskom mediju. Naravno, u kompleksnom mediju je situacija sasvim drukčija, jer se trebaju dodati samo elementi u obliku soli kojih u osnovnom supstratu nema dovoljno. Međutim, u kompleksnim supstratima teško se može utvrditi u kojim koncentracijama su prisutni esencijalni elementi za rast kvašćevih stanica. Tako, u melasi ima dovoljno nekih makro elemenata (K, Ca, S), a magnezija nema dosta, pa se dodaje u obliku soli i sa vodovodnom vodom. Sumpora obično ima dosta u melasi ili se dodaje sa sulfatnom kiselinom koja ujedno služi i za korekciju pH, pa ga ne treba dodavati. Osim toga sumpor u suvišku može stvarati probleme u otpadnim vodama pri proizvodnji pekarskog kvasca. Od elemenata u tragovima, melasi se u proizvodnji pekarskog kvasca najčešće dodaju Zn, Cu i Fe, kojih u melasi često nema dovoljno. Ti elementi se dodaju osnovnom supstratu kao otopina soli (najčešće sulfati, kloridi ili fosfati

### **2.3.2.4. Tvari rasta**

Spojevi poznati kao tvari rasta za kvasac *S. cerevisiae* su uglavnom vitamini B skupine. Tu prije svega spadaju biotin, pantotenska kiselina, inozitol, tiamin, nikotinska kiselina i piridoksin. Obzirom da melasa šećerne repe ne sadrži dovoljno biotina, u hranjivu podlogu se najčešće dodaje sintetski biotin. Međutim, kao što je već spomenuto, dodatak 20-25 % melase šećerne trske u osnovni supstrat može zadovoljiti potrebe na biotinu. To je osnovni razlog miješanja melasa u proizvodnji pekarskog kvasca. Ostalih vitamina u melasi ima dovoljno (pogotovo inozitola). Ipak, u mnogim tehnološkim postupcima dodaju se određene količine pantotenske kiseline te B1, B2 i B6 vitamina. Optimiranje količine vitamina u melasnim supstratima veoma je važno zbog postizanja željene brzine rasta kvašćevih stanica, te optimalnog iskorištenja supstrata i produktivnosti procesa.

### 2.3.2.5. Alternativni izvori ugljika i energije

Danas je još uvijek melasa osnovni supstrat u proizvodnji pekarskog kvasca, jer je najjeftinija. Međutim, u zadnje vrijeme cijena melase nije stabilna i mijenja se značajno (često poraste). Zato su interesantni i drugi izvori ugljika. U tom smislu najzanimljiviji je kukuruzni hidrolizat, jer se na njemu može postići dobro iskorištenje supstrata i produktivnost procesa, gotovo ista kao i na melasi. Osim toga, kukuruzni hidrolizat je čišći supstrat od melase, pa u otpadnim vodama zaostaje manje organskih tvari (znatno niži KPK, do 80 %). Također je interesantan za proizvodnju takozvanog biokvasca koji garantirano ne posjeduje nikakvih štetnih tvari. Sirutka je isto tako potencijalni supstrat, jer je ima u prilično velikoj količini i još uvijek se baca kao otpadna voda u prirodne vodotokove. Međutim, za proizvodnju pekarskog kvasca potrebna je vrsta kvasca koja asimilira laktozu, a to je *Kluyveromyces marxianus*. Ako se želi uzgojiti kvasac *S. cerevisie* na sirutki, laktoza se mora enzimski hidrolizirati na glukozu i galaktozu. Korištenje sirutke za proizvodnju pekarskog kvasca je upitno, jer sirutka sadrži samo 4 - 5 % laktoze, pa bi sirutku trebalo ugustiti, budući je transport prilično skup. Zato do današnjih dana nema ozbiljne proizvodnje pekarskog kvasca na sirutki.

### 2.3.3. Uvjeti okoline

#### 2.3.3.1. Temperatura

Pekarski kvasa se dobro razmnožava u temperaturnom području od 20 -35° C. U industrijskoj praksi područje je uže i iznosi 28 - 33 °C. Pri temperaturama uzgoja nižim od optimalnih, prinos kvasca je nešto viši, vjerojatno zbog niže energije održavanja, dok je pri višim temperaturama manji. Porastom temperature procesa pri kraju uzgoja, povećava se stabilnost kvašćevih stanica, uz neznatno smanjenje aktivnosti. Zbog ekonomskih razloga, prikladnija je viša temperatura, radi efikasnijeg hlađenja odnosno odvođenja topline, koja se oslobađa pri oksidativnim procesima u kvašćev stanicama. Zbog toga danas postoje kvasci s kojima se postiže visok prinos biomase i pri višim temperaturama uzgoja (32 - 33 °C). Međutim, još uvijek nije pronađen termostabilni kvasac koji nakon uzgoja pri 40 °C ima zadovoljavajuća svojstva za pekarske potrebe.

### 2.3.3.2. Koncentracija $H^+$ (pH)

Većina proizvodnih sojeva kvasca *S. cerevisiae* dobro raste u pH području od 4,0 – 7,0. U graničnim pH područjima usporava se rast većine proizvodnih kvasaca. U proizvodnji pekarskog kvasca, pH se regulira prema potrebi, odnosno prema generaciji uzgoja kvašćeve biomase, pomoću razrijeđene sulfatne kiseline i amonijačne vode. Tako se npr. u proizvodnji kvasca u generaciji "Prodajni kvasac" pH na početku uzgoja podesi na 4,0 – 4,5. Tijekom uzgoja pH postupno raste i održava se uglavnom pri vrijednostima 4,5 – 5,0, da bi na kraju pH bio 6,0 - 7,0 (oko izoelektrične točke), što je važno za ispiranje obojenih tvari melase sa kvašćevih stanica tijekom separacije. Naime, pri višim pH-vrijednostima smanjuje se pozitivni naboj obojenih tvari iz melase, koje se tada slabije vežu na negativno nabijene kvašćeve stanice i lakše ispiru s vodom tijekom separacije.

### 2.3.3.3. Koncentracija kvašćevih stanica

Ako se zadovolje optimalni uvjeti rasta kao što su aeracija, miješanje, brzina rasta, temperatura, pH i koncentracija supstrata, kvašćeve stanice se dobro razmnožavaju u širokom području njihove koncentracije. Međutim, treba naglasiti da se kvasac brže razmnožava kada je koncentracija stanica u mikrobnjoj kulturi (komini) manja. Danas se u proizvodnim pogonima postiže prinos na kraju procesa od 50 -70 g s.tv./L kvašćeve biomase dobre kvalitete. U specijalnim uvjetima se može postići prinos do 150 g s.tv./L, ali je kvaliteta pekarskog kvasca upitna. Naime, visoke koncentracije supstrata i produkata metabolizma smanjuju brzinu rasta zbog osmotskog pritiska ili direktne inhibicije. S druge strane, pri visokim koncentracijama kvašćevih stanica u komini teško se postiže efikasna aeracija i dobro miješanje, a problem može biti i regulacija temperature, odnosno efikasno hlađenje. Zbog toga postoji praktični limit koncentracije kvašćevih stanica u komini na kraju procesa, koji iznosi oko 70 g s.tv./L.

### 2.3.3.4. Prinos kvasca po utrošenom supstratu

Prinos kvasca najbolje se može definirati s koeficijentom iskorištenja YX/S koji prema većini literaturnih podataka iznosi 0,50–0,54, što ovisi o vrsti izvora ugljika i sastavu supstrata te o energiji održavanja. Cooney (1981.) je izračunao potrošnju supstrata za održavanje kvašćevih stanica tijekom uzgoja pekarskog kvasca, što iznosi do 5 % od ukupne količine izvora ugljika. U praksi se prinos (iskorištenje)

obično izračunava kao prinos svježeg kvasca po jedinici melase. Tako se npr. za 1 kg svježeg kvasca sa 30 % suhe tvari potroši oko 1,2 kg melase sa 50 % šećera ili za 1kg suhe tvari oko 4 kg melase.

#### **2.3.3.5. Toplina – odvođenje topline**

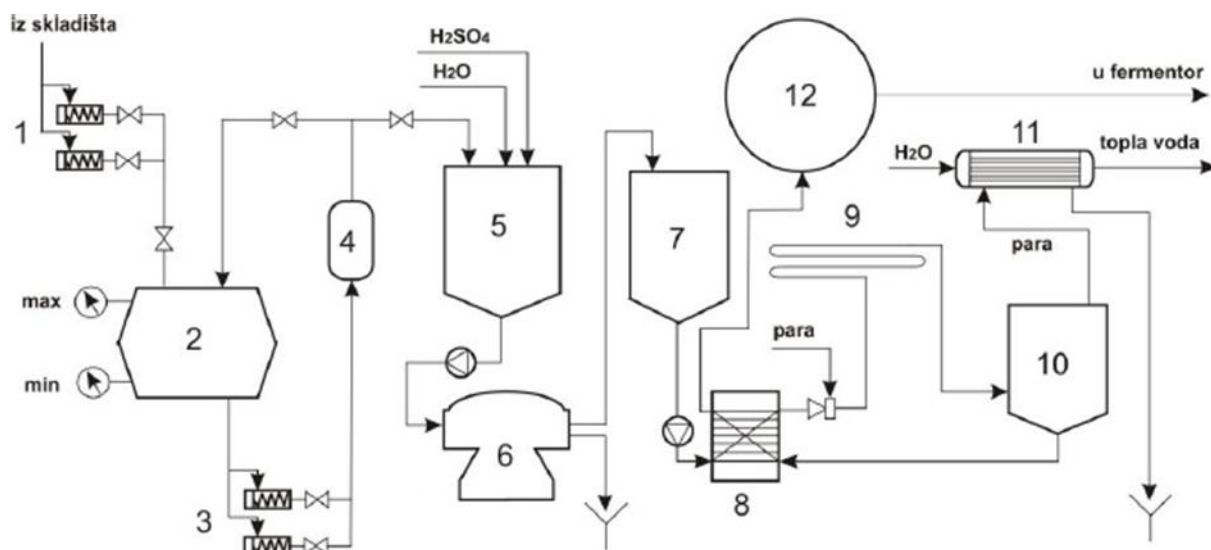
U aerobnom procesu tijekom uzgoja pekarskog kvasca oslobađaju se velike količine topline koje treba odvesti pa odvođenje topline može biti priličan problem. Zato se pri odabiru bioreaktora za efikasnu proizvodnju kvašćeve biomase odabiru bioreaktori sa efikasnim sustavom za hlađenje. Prema literaturnim podacima, za 1 g s.tv. proizvedene kvašćeve biomase oslobodi se 3,9 – 4,4 kcal (16,3 - 18,5 kJ). Kako se prirast kvasca povećava tijekom uzgoja u eksponencijalnoj fazi rasta, tako je i odvođenje topline sve intenzivnije. Tek početkom linearne faze dolazi do oslobađanja konstantne količine topline. Zato je regulacija hlađenja neophodna u proizvodnji pekarskog kvasca.

## **2.4. PROIZVODNJA KVASCA U POGONU**

### **2.4.1. Priprema hranjive podloge**

Kao što je prethodno opisano, u proizvodnji pekarskog kvasca koristi se melasa. Melasa se dovozi vagon-cisternama ili auto cisternama i skladišti u spremnicima, kako je prethodno opisano. Melasa se u pripremi supstrata razrijeđuje s vodom, u omjeru 1:1, bistri i sterilizira (Rosen, 1997., Marić, 2000). Ipak treba naglasiti da postoji nekoliko različitih postupaka pripreme melase, a u proizvodnji pekarskog kvasca najčešće se koristi kontinuirani sustav.





**Slika 2** Pripreda melase u proizvodnji pekarskog kvasca (Anon, 2008.)

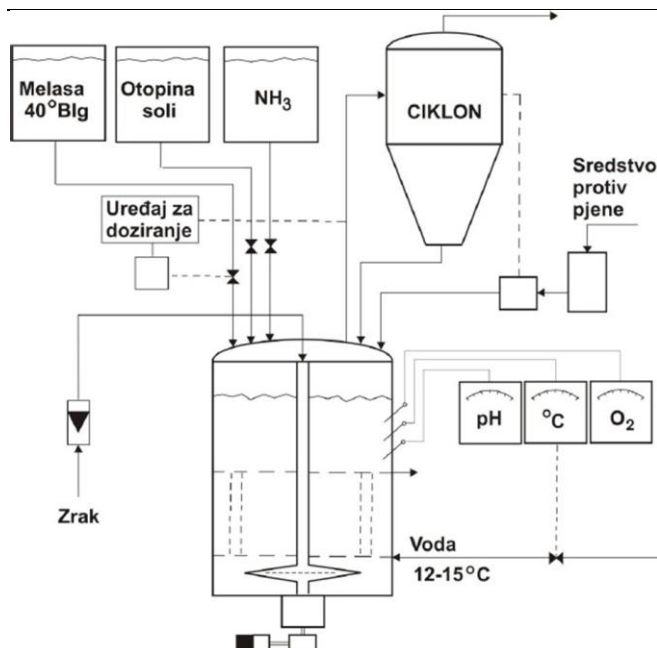
1. pužne pumpe;
2. vaga;
3. pužne pumpe;
4. međuspremnik;
5. melanžer (posudaza razrijeđivanje melese);
6. separator za bistrenje;
7. među - posuda;
8. pločasti izmjenjivač topline;
9. cijevni sterilizator;
10. ekspanziona posuda;
11. grijač vode;
12. spremnik za sterilnu melasu.

Dakle, iz skladišnih spremnika se melasa pumpa pužnim pumpama (1) u pogon, gdje se ulaz kontrolira automatskom vagom (2) te pumpa također pužnim pumpama (3) u prihvatni spremnik (4) odakle melasa ide na razrijeđivanje u posudu (5). Tu se melasa razrijedi s vodom u omjeru 1 : 1. U posudu za razrjeđivanje može se dodavati razrijeđena sulfatna kiselina da se melasi podesi pH na 5.7 – 6.0. Tada

se melasa bistri separacijom (6) i sterilizira kontinuirano. Sterilizacija se sastoji od prihvatne posude (7), pločastog izmjenjivača topline (8) gdje se melasa predgrijava sa sterilnom melasom, cijevnog sterilizatora (9) u kojem se postiže temperatura sterilizacije od 130 – 135 °C u vrlo kratkom vremenu (20-30 sek) i ekspanzione posude (10). U ekspanzionoj posudi se sterilna melasa zadržava kratko. Pare se koriste za grijanje vode u cijevnom izmjenjivaču topline (11). S druge strane, soli se pripremaju kao 10 %-tna otopina, dok se amonijak gotovo uvijek dodaje posebno kao 25 %-tna otopina i služi kao izvor dušika i za korekciju pH vrijednosti. Mikro i makroelementi se mogu dodati u melasu ili u otopinu soli. Vitamini također. Otopina soli priprema se otapanjem dušičnih i fosfornih soli sa toplom vodom u posudama s miješalicama.

Pekarski kvasac se proizvodi industrijski prema različitim tehnologijama, najčešće u 4 – 5 generacija. Količina inokuluma koja ulazi u pogon je obično 10 - 30 L laboratorijske čiste kulture (LČK) s oko 0,3 – 1,0 kg svježeg kvasca. Ta količina se tijekom proizvodnje umnoži nekoliko tisuća puta. Umnožavanje kvaščeve biomase u pojedinim generacijama je specifično i biti će opisano detaljnije. Tehnologije proizvodnj pekarskog kvasca razlikuju se po:

- broju generacija;
- vremenu trajanja pojedinih generacija;
- aerobnosti procesa u pojedinim generacijama;
- sistemu bioreaktora za efikasnu aeraciju;
- vođenju procesa uzgoja u zadnjoj generaciji;



**Slika 3** Shematski prikaz procesa pogonskog umnožavanja kvašćeve biomase po generacijama

Količina kvasca izražena je kao kvasac sa 30 % s.tv. Ova shema je principijelna za proizvodnju pekarskog kvasca. Međutim, u suvremenim tehnologijama postoji mnoštvo tehnoloških procesa koji se razlikuju u vođenju procesa upojedinim generacijama. Suvremeni proizvodni procesi se vode u manjem broju generacija. Najčešći broj generacija uzgoja u pogonu je pet (5). Međutim, već postoje tehnološki procesi proizvodnje u 4 generacije, gdje se prve dvije generacije spajaju u jednu. Prema najnovijim podacima (Anon , 2008) primjenjuje se potpuno novo tehnološko rješenje proizvodnje kvašćeve biomase u tri generacije Ovisno o kapacitetu tvornice, broj i veličina propagatora (predfermentora) i bioreaktora su različiti, što se može jednostavno proračunati i dimenzionirati. Svi bioreaktori su izrađeni od nehrđajućeg čelika. Konstrukcija malih bioreaktora (propagator I i II) za proizvodnju pogonskog inokuluma je vrlo jednostavna. Obično su to bioreaktori bez mješalice i odbijača. Zrak se raspršuje kroz sistem perforiranih cijevi, a kontrolira se i regulira praktički samo temperatura. S druge strane, pH nije nužno regulirati, jer melasa ima zadovoljavajući pufer -sustav za ove procese. Konstrukcija bioreaktora za uzgoj biomase u višim generacijama je kompleksnija. U tu svrhu se koriste bioreaktori različitih konstrukcija. Najčešće se koriste bioreaktori s raspršivanjem zraka, sa i bez miješanja. Kao što je prethodno opisano, odvođenje topline je važan dio u regulaciji procesa. Iz tog razloga se također koriste bioreaktori sa različitim

sustavima za odvođenje topline (unutarnje hlađenje, površinsko, vanjsko), što je opisano drugdje (Ebner i sur., 1967; Rosen, 1977; Chen i Chiger, 1985; Blenke, 1987, Marić, 2009). Ipak, može se reći da osim svih navedenih tehničkih detalja, najvažnije u konstrukciji bioreaktora za intenzivnu proizvodnju pekarskog kvasca je učinkovitost sustava za prijenos kisika iz zraka u kominu.

## **2.4.2. Proizvodnja kvašćeve biomase po fazama**

### **2.4.2.1. Proizvodnja pogonskog inokuluma**

U proizvodnim pogonima potrebno je obaviti uzgoj kvasca u potpuno aseptičnim uvjetima, da ne dođe do kontaminacije procesa. Zato se kvasac uzgaja šaržno u propagatorima. U tim generacijama kvasac se uzgaja semiaerobno, dakle s ograničenom količinom kisika. Sastav podloge i uvjeti uzgoja u propagatorima su gotovo isti ili identični onima u pogonu za proizvodnju etanola. Dakle, u melasnoj podlozi s oko 8 °Bg ili 8 % suhe tvari (5 - 6% šećera) s dodatkom diamonijevog fosfata i diamonijevog sulfata kvašćeve biomase se razmnožava šaržno u semiaerobnim uvjetima (lagano propuhivanje zraka kroz kominu). Kada je proces umnožavanja završen, sva količina uzgojenog kvasca iz propagatora II služi kao cjepivo za postavljanje uzgoja u maloj matici. Kao što je već prethodno spomenuto ove dvije faze se mogu spojiti u jednu. Tada je u procesu aeracija snažnija i uzgoj traje nešto duže (16 -22 sata). U tom slučaju je predfermentor konstruiran tako da ima znatno bolju brzinu prijenosa kisika, da se poboljša brzina razmnožavanja kvašćevih stanica. Za taj proces potrebno je umnožiti više LČK (cca 20L u Carlsberg posudi).

### **2.4.2.2. Proizvodnja matičnog kvasca**

#### **Uzgoj u generaciji «Mala matica»**

Nakon uzgoja u predfermentoru počinje potpuno aerobno razmnožavanje kvašćeve biomase, u tzv «Maloj matici», gdje se procesi vode s programiranim pritokom supstrata. U generaciji «Mala matica» kao inokulum se upotrebljava cijeli sadržaj predfermentora koji se razrijedi s kloriranom ili na neki drugi način steriliziranom vodom, a sterilna melasa (40 ° Bg, 25 % šećera) i otopina soli pritječu sukladno programu koji se temelji na proračunu krivulje rasta (regulirani pritok

supstrata). U ovoj generaciji postoji relativno dugačka lag faza (3 - 6 sati) pri čemu kvaščeve stanice prelaze s fermentativnog u oksidativni metabolizam. Naime, u toj fazi kvaščeve stanice obnavljaju svoje organele (mitohondrije) za aeroban rast kvaščevih stanica. Nakon lag faze slijedi eksponencijalna faza rasta, kada se kvaščeve stanice razmnožavaju u striktno aerobnim uvjetima. Pri kraju uzgoja, rast kvasca prelazi u linearnu fazu kada je proces limitiran s kisikom i na kraju u stacionarnu fazu rasta (**Slika**). Poželjno je da stacionarna faza traje što kraće.

### **Uzgoj u generaciji «Velika matica»**

Za uzgoj kvasca u generaciji «Velika matica» sva količina kvasca iz male matice služi kao inokulum. U tu svrhu, nakon uzgoja kvaščeve biomase u «Maloj matici», kvasac se može izdvojiti separacijom, jer nakon uzgoja u «Maloj matici» u komini ne bi smjelo biti etanola. Kako su kvaščeve stanice adaptirane na aerobni metabolizam, u «Velikoj matici» nema lag faze, pa se uzgoj vodi uglavnom u eksponencijalnoj fazi rasta sve do limitacije s kisikom, da se biomasa umnoži što brže, što povećava aktivnost kvaščevih stanica. Uzgoj kvasca u «Velikoj matici» vodi se šaržno s neprekidnim (kontinuiranim) i programiranim pritokom supstrata, u potpuno aerobnim uvjetima (oksidativni metabolizam), na sličan način kao što se vrši umnožavanje kvaščeve biomase u generaciji prodajni kvasac (**Slika**). U ovoj generaciji nema stacionarne faze (faze zrenja). Nakon završenog uzgoja, kvasac se izdvaja separacijom, sprema u prihvatne rezervoare kao kvaščeva suspenzija, te hladi na 4 – 8 °C. Sva kvaščeva biomasa proizvedena u «Velikoj matici» koristi se kao inokulum za generaciju «Prodajni kvasac».

#### **2.4.2.3. Proizvodnja prodajnog kvasca**

U ovoj generaciji, proces se vodi šaržno s proračunatim i reguliranim pritokom supstrata u potpuno aerobnim uvjetima. Osim visokoga prinosa i produktivnosti procesa, posebno je važno postići optimalan odnos svih svojstava kvaščeve biomase za pekarske potrebe. Tu se prije svega misli na aktivnost i postojanost tijekom skladištenja ili eventualnog sušenja. Ta svojstva se postižu pažljivom kontrolom svih parametara uzgoja. Zato subioreaktori opremljeni instrumentima za mjerenje i regulaciju svih bitnih parametara uzgoja. Danas se vođenje procesa obavlja pomoću računala.



**Slika 4** Prodajni svježi kvasac

Na početku šaržnog procesa, u oprani i sterilizirani (dezinficirani) bioreaktor postavi se proračunata količina vode kojoj se podesi temperatura ( $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) i pH (4,2 - 4,5) te doda određena količina inokuluma (kvašćeva suspenzija nakon separacije «velike matice»). Zatim se uključi dovod zraka, pritok sterilne melase i otopine soli. U većini procesa faktor razmnožavanja kvasca je 5:1 do 10:1. Pritok melase vodi se programirano, a program je proračunat i podešen prema krivulji rasta. Regulacija pritoka se obavlja specijalnim uređajem koji mjeri udjel alkohola ili  $\text{CO}_2$  (respiracijski kvocijent) u izlaznim plinovima i šalje signal na ventil (pneumatski) koji je ugrađen na ulazu melase u bioreaktor. U slučaju da tijekom uzgoja poraste koncentracija etanola ili  $\text{CO}_2$ , uređaj reagira tako da pritvara ventil na ulazu melase u bioreaktor. Kada je pritvoren dotok melase, kvasac troši i etanol za svoj rast, a nakon što koncentracija etanola padne ispod zadane vrijednosti, opet se otvara ventil za pritok melase. Tako se održava optimalna koncentracija šećera u komini, pri kojoj se kvasci razmnožavaju željenom brzinom, a da ne nastaje veća količina etanola (0,05 - 0,1 %). Kao što je već objašnjeno, koncentracija šećera od 200 - 300 mg/L zadovoljava te uvjete, pri čemu ne nastaje etanol, a kvasac se umnožava željenom brzinom. Pritok melase se pritvara (smanjuje za 10-50 %) jedan sat prije kraja procesa da bi stanice kvasca prošle fazu zrenja ili stabilizacije. Tijekom te faze, kvašćeve stanice potroše hranjive tvari iz podloge, sintetiziraju rezervne ugljikohidrate, sinhroniziraju svoj reprodukcijski mehanizam i ulaze u fazu mirovanja. Tako se one dulje održe na životu tijekom skladištenja odnosno gladovanja. S druge strane, pritok otopine soli se programira tako da se u početnim satima dodaje nešto više dušičnih i fosfornih soli

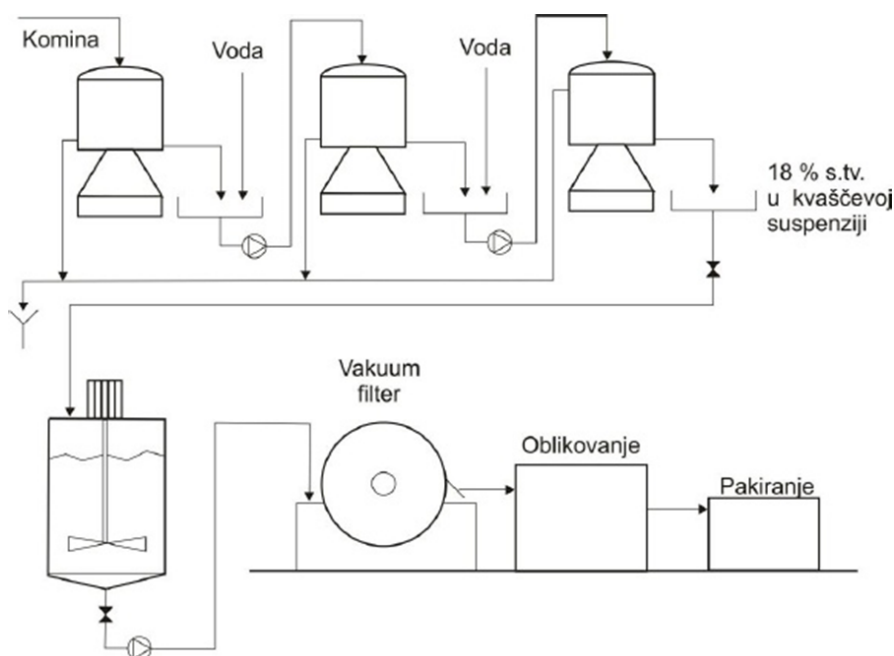
nego je potrebno po krivulji rasta, a prtok se završava 3 - 5 sati prije kraja procesa uzgoja. To omogućuje kvašćevim stanicama da se što prije stabiliziraju i sintetiziraju rezervne tvari. Naime, amonijevi ioni ubrzavaju glikolitski put što smanjuje biosintezu rezervnih ugljikohidrata. Temperatura u bioreaktoru se održavana oko 32-33 °C prvih 6-7 sati te na 33-34 °C daljnjih 6 sati a pri kraju (zadnjih 4-5 h) na 35 °C, zbog aktiviranja trehaloza sintetaze, pa kvašćeve stanice pri višim temperaturama nakupe više trehaloze (iznad 10 %). pH tijekom procesa se korigira najčešće s amonijačnom vodom, ali se može vršiti i pritokom diamonij-sulfata, pogotovo u prvim satima uzgoja. U tom slučaju, mora se odabrati prikladan omjer amonijaka i diamonij-sulfata, jer ukupna količina dodanog dušika treba biti izračunata iz koncentracije dušika u biomasi kvasca. U stvari, diamonij-sulfat snizuje pH zbog viška sulfat iona, a  $\text{NH}_3$  ga podiže. Ako se ne dodaje diamonij -sulfat, pH se regulira s amonijačnom vodom i sulfatnom kiselinom. Tijekom procesa pH se održava u području 4,5 - 5,0, a pri kraju se pusti da poraste na 6,0 - 7,5. To je važno da se kvašćeve stanice lakše operu tijekom separacije i filtracije. Tijekom uzgoja se oslobađaju velike količine topline (3500 kJ/ kg melase), pa su zato bioreaktori opremljeni efikasnim sustavom za hlađenje, što je prethodno opisano. Količina zraka mjeri se rotametrom, a koncentracija otopljenog kisika s pomoću kisikove elektrode. Dovođenje zraka mora zadovoljiti aerobnost procesa, pa se u prvim satima uzgoja koncentracija otopljenog kisika održava iznad 2 mg/L (25 % zasićenja s kisikom). Kada koncentracija otopljenog kisika padne ispod tih vrijednosti, razmnožavanje kvasca ulazi u linearnu fazu, jer je rast limitiran brzinom dovoda kisika. Tada u stvari počinje limitacija s kisikom. Proces uzgoja traje 16 - 18 sati, a trajanje procesa ovisi o brzini rasta, te efikasnosti sistema za aeraciju i sistema hlađenja.

#### **2.4.2.4. Kontinuirani uzgoj**

Proizvodnja pekarskog kvasca može se obavljati i u kontinuiranom procesu s visokim prinosom i dobrom produktivnošću procesa (Olson, 1961). Međutim, u praksi su problemi mnogostruki (Burrows, 1970). Poseban problem je aseptičnost procesa i kvaliteta gotovog proizvoda. Kako ti problemi još nisu riješeni sve do današnjih dana, pekarski kvasac se ne proizvodi kontinuirano u velikim pogonima.

### 2.4.3. Izdvajanje i filtracija kvaščeve biomase

Kvaščeva biomasa nakon uzgoja, u zadnje dvije generacije, se izdvaja iz komine separacijom s centri fugalnim separatorima. Kvaščeve stanice sadrže 58 - 60 % vode, a gustoća im je  $1.13 \text{ g/cm}^3$  (Sambuchi i sur., 1974). Dakle, gustoća im je dovoljno veća od tekućine (komine) što omogućuje efikasnu separaciju s pomoću separatora sa diskovima i sapnicama. Za izdvajanje matičnog kvasca koristi se jednostruka ili dvostruka separacija, a nakon izdvajanja kvaščeva suspenzija se čuva u rezervoaru s mješalom i hladi na  $4 - 8^\circ\text{C}$ . Međutim, iz generacije prodajnog kvasca biomasa se izdvaja separacijom u dva ili tri stupnja s jednostrukim ili dvostrukim pranjem s vodovodnom vodom, nakon prve i eventualno druge separacije. Izdvojena kvaščeva suspenzija sadrži 16 -20 % suhe tvari, prilično je viskozna, ali se još uvijek lagano pumpa (tekući kvasac). Kvaščeva suspenzija se nakon izdvajanja prihvaća u međuspremnik i zatim ide na ugušćivanje pomoću vakuum-filtera (**Slika**). Na vakuum-filteru se obavlja dodatno pranje kvaščeve biomase vodom. Prije filtracije u kvaščevu suspenziju se može dodati 0,5 - 1 % kuhinjske soli. Time se može izvući više slobodne vode, pa se dobije kvaščev kolač sa 30 - 33 % suhe tvari, što je posebno važno u proizvodnji suhog aktivnog kvasca. Biomasa kvasca sa 27 - 33 % s.tv. poprima čvrstu plastičnu konzistenciju.



**Slika 5** Principijelna shema izdvajanja kvasca iz komine trostrukom separacijom sa dvostrukim pranjem vodom, filtracije, oblikovanja i pakiranja.



#### 2.4.4. Miješanje, oblikovanje i pakiranje svježeg kvasca

Svježi kvašćev kolač s filtera pada u aparaturu za oblikovanje koja ima kontinuiranu pužnicu. Kvašćevom kolaču se može dodati mala količina vode, da se vlažnost podesi na oko 70%. Također se može dodati i mala količina jestivog ulja (ili emulgatora), da se olakša ekstruzija te da se spriječi vlaženje kvašćevog kolača. Dobro izmiješana kvašćeva biomasa protiskuje se kroz uređaje za oblikovanje (4), tako da se dobije traka biomase, koja se automatski reže. Ovako oblikovana biomasa se pakira u specijalni papir, nepropustan za vodu, ali propustan za CO<sub>2</sub> i druge plinove. Tijekom miješanja, oblikovanja i pakiranja temperatura biomase ne prelazi 8 °C, pa nije nužno dodatno hlađenje. Međutim, ako kvašćev kolač ima nešto više suhe tvari (33 %), može doći do zagrijavanja biomase, što je nepoželjno. U tom slučaju je neophodno dodatno hlađenje. Za oblikovanje kvašćeve biomase postoji mnoštvo suvremenih strojeva koji oblikuju kvašćevu biomasu u kockice od 20 -50 g za domaćinstvo, te u kvadre od 0,5 – 1 kg za pekare. Kvašćev kolač se nakon homogenizacije može usitniti u sitne čestice za proizvodnju svježeg granuliranog kvasca, koji se pakira u papirnate vreće od 15 - 30 kg. Problem ove vrste kvasca je slobodna protočnost, jer često dolazi do sljepljivanja čestica. Zato za ovu vrstu pekarskog kvasca biomasa mora sadržavati iznad 30 % suhe tvari (poželjno je oko 33%). Danas već postoji tzv. «slobodno - protočni» kvasac kojemu se dodaju različiti emulgatori i sredstva za bubrenje, tako da ne dolazi do sljepljivanja. Ova vrsta kvasca može se i djelomično osušiti, što se danas preporučuje u proizvodnji tzv. namjenskog kvasca za smrzavanje. Svi oblici svježeg kvasca se zatim skladište u hladnim prostorijama na temperaturi do 8 °C.

#### 2.4.5. Transport kvasca

Svježa kvašćeva biomasa uglavnom se prevozi u auto - hladnjačama, tako da ne dođe do zagrijavanja kvašćeve biomase, odnosno gubitka aktiviteta. Ako se kvasac transportira u hladnom, može se voziti na relativno velike udaljenosti. Poseban problem je transport tekućeg kvasca, koji se mora obavljati u auto - cisternama ili u specijalnim kontejnerima. Često se javlja problem pothlađivanja pa se ova vrsta kvasca ne preporuča voziti na veće udaljenosti. Osim toga kvasac se taloži u vodenoj suspenziji pa se mora

učiniti stabilnim s dodatkom sredstava za bubrenje. Tada ne dolazi do taloženja kvasca. Inače kontejner treba imati miješalicu, da ne dođe do taloženja kvasca.

#### **2.4.6. Trajnost svježeg kvasca**

Svježja kvašćeva biomasa je relativno nestabilna. Tako npr. trajnost tekućeg kvasca iznosi najviše 7 dana na temperaturi do 20 °C, dok je trajnost kvašćevog kolača nešto veća i iznosi oko 10 dana u istim uvjetima. Međutim, ako se ovi oblici kvašćeve biomase skladište pri nižim temperaturama (4 – 8 °C), trajnost se povećava na 20 - 30 dana, bez većeg pada aktiviteta. I pored toga, svježja kvašćeva biomasa se još uvijek najviše koristi u pekarstvu.

---

### 3. ZAKLJUČAK

Temeljem podataka pronađenih u literaturi i iznesenih u ovom radu može se zaključiti slijedeće:

- Masovna proizvodnja kvašćevih stanica dobiva sve više na značenju zbog velikih mogućnosti u primjeni i relativno jeftine proizvodnje.
- Po opsegu proizvodnje kvašćevih stanica najveća je proizvodnja pekarskog kvasca.
- Danas sav razvijeni svijet koristi kvalitetan pekarski kvasac, ali se još uvijek čine napor za daljnjim poboljšanjem kvalitete kvašćeve biomase, što se prije svega odnosi na automatizaciju i vođenje procesa s pomoću računala, te uveden je novih vrsta i sojeva kvasaca za posebne pekarske namjene.
- Usporedno s proizvodnjom razvijala se i znanost o kvascima, posebice genetika, što je dovela do otkrića novih sojeva koji brže rastu i imaju kvalitetnije proizvodne osobine.

## 4. LITERATURA

- Duraković S: *Opća mikrobiologija*, Zagreb, Prehrambeno-tehnološki inženjering, 1996.
- Duraković S: *Prehrambena mikrobiologija*, Zagreb, Prehrambeno-biotehnološki fakultet, Medicinska naklada, 1991.
- Anon L: *Proizvodnja pekarskog kvasca u tvornici KVASAC-Lesaffre*, Savski Marof, 2008.
- Becker M J, Rapoport A I: *Conservation of yeast by dehydration*, Adv. Biochem. Eng. Biotechnol., 35, 127-171, 1987.
- Blenke H: *Process engineering contributions to bioreaktor design and operations*. In: Biochemical Engineering, Chmiel, H. et al. (ed.). Gustav Fischer Stuttgart, West Germany, 1987.
- Bronn, W.K. (1985). Investigations of the technological and economical possibility of using raw materials other than molasses for yeast production. Research Report T 85-117, Ministry for Science and Technology, German Federal Republic.
- Burrows S: *Baker's yeast*. In: The Yeasts, Vol 3 Yeast Technology (Rose A H, Harrison J S), 349-420. Academic press, London and New York, 1970.
- Chen S L, Chiger M: *Production of bakers yeast*. In: Comprehensive Biotechnology, Vol 3, Moo-Young, M. (ed.). Pergamon Press, Oxford UK, 1985.
- Clement Ph: *Preparation of dried baker's yeast*. US-patent 4,370,420, 1983.
- Cooney C L: *Growth of microorganisms*. In Biotechnology, Vol 1, (Rehm H J, Reed G), VCH Publishing Company, West Germany, 1981.
- Čović Ž, Grba S, Stehlik-Tomas V: *Odabir soja kvasca Saccharomyces cerevisiae za industrijsku primjenu*. Prehr. Tehnol. Biotechnol. Rev. 29(1), 39-41, 1991.

- Frey C N: *History and development of active dry yeast*. Yeasts, its characteristics, growth and function in baked products. Proc. Symp. U.S. Quartermaster Food Container Inst., Chicago, 7-32, 1957.
- Grba S: *Alkohol i kvasci*, Stručna i poslovna knjiga d.o.o. Zageb, 2000.
- Grba S: *Kvasci u biotehnološkoj proizvodnji*, Pleyada d.o.o., Zagreb 2010.
- Grba S: Kemijski sastav melasa šećerne repe i šećerne trske. U: Marić V: *Biotehnologija i sirovine*, Stručna i poslovna knjiga, Zagreb, 2000.
- Marić V: *Biotehnologija i sirovine*, Stručna i poposlovna knjiga d.o.o., Zagreb, 2000.
- Olson A J: Manufacture of bakers yeast by continuous fermentation. Plant and process. Soc.Chem.Ind., Monograph 12, 18-93, London, 1961.
- Sambuchi M: (1974). Filtration and extrusion characteristics of baker's yeast.I. Results of commpression permeability test and constant pressure filtration. Hakko Kogaku Zasshi 49, 880-885., 1974.